

# Implementarea filtrelor digitale

## Laborator 4, PSS

### Obiectiv

Familiarizarea studenților diverse scheme de implementare a filtrelor digitale și cu implementarea lor.

### Noțiuni teoretice

Formele directe de implementare a filtrelor IIR sunt prezentate mai jos.

### Forme directe

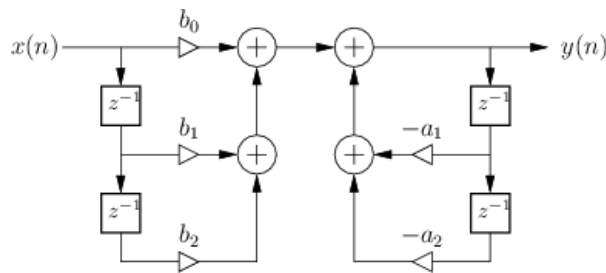


Figure 1: Forma directă I

Imaginile sunt preluate din “Introduction to Digital Filters with Audio Applications”, Julius O. Smith III, disponibilă la adresa: <https://www.dsprelated.com/freebooks/filters/>

### Forma serie

În forma serie, funcția de sistem este descompusă ca un produs de termeni de ordin mai mic, de obicei de ordin 2:

$$H(z) = H_1(z) \cdot H_2(z) \cdot \dots \cdot H_n(z)$$

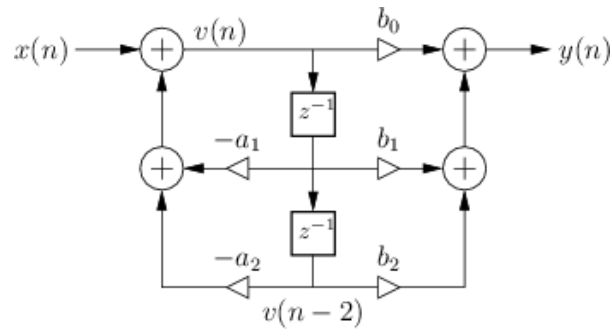


Figure 2: Forma directă II

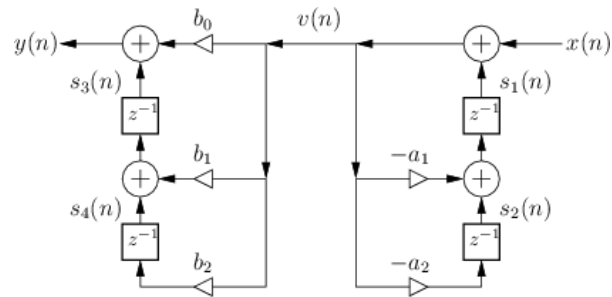


Figure 3: Forma directă I transpusă

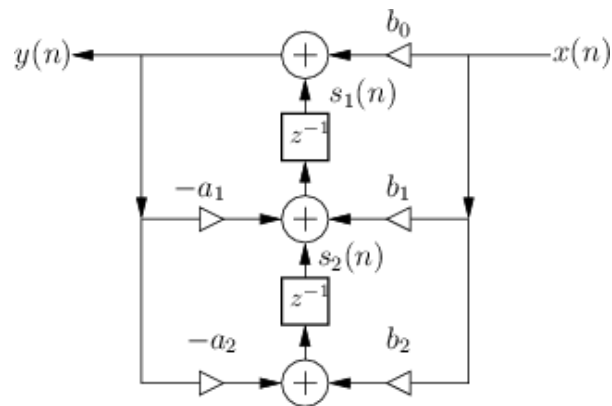


Figure 4: Forma directă II transpusă

Sistemul este implementat din subsistemele mai mici,  $H_1(z), H_2(z) \dots H_n(z)$ , aranjate **în serie**. Fiecare subsistem individual poate fi implementat sub orice formă.

Exemplu:

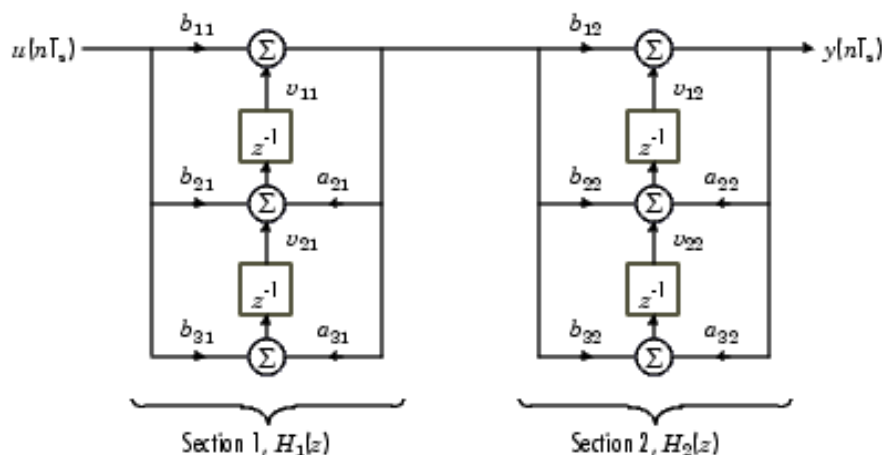


Figure 5: Exemplu de implementare serie

Imaginea este preluată din “DSP blockset manual”, Mathworks, disponibil aici: <http://matrix.etseq.urv.es/manuals/matlab/toolbox/dspblks/biquadraticfilter.html>

## Forma paralel

În forma paralel, funcția de sistem este descompusă ca o sumă de funcții de ordin mai mic:

$$H(z) = H_1(z) + H_2(z) + \dots + H_n(z)$$

Sistemul este implementat din subsistemele mai mici  $H_1(z), H_2(z) \dots H_n(z)$  aranjate **în paralel**.

Exemplu:

Imaginea este preluată din “Introduction to DSP”, BORES Signal Processing, disponibil aici: [http://www.bores.com/courses/intro/iir/5\\_para.htm](http://www.bores.com/courses/intro/iir/5_para.htm)

## Exerciții

1. Pentru un filtru general IIR de ordin 3, cu funcția de sistem:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + b_3 z^{-3}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + a_3 z^{-3}},$$

să se deseneze implementarea filtrului în următoarele forme:

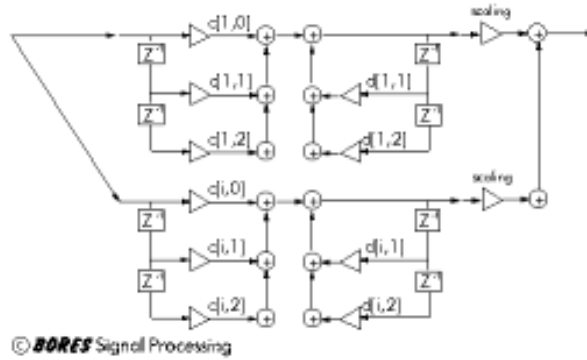


Figure 6: Exemplu de implementare în forma paralel

- forma directă I
  - forma directă II
  - forma directă I transpusă
  - forma directă II transpusă
- Pentru filtrul digital cu funcția de sistem:

$$H(z) = \frac{2(1 - z^{-1})(1 + \sqrt{2}z^{-1} + z^{-2})}{(1 + 0.5z^{-1})(1 - 0.9z^{-1} + 0.81z^{-2})},$$

să se deseneze schema de implementare în una din formele serie (la alegere)

- Pentru filtrul digital cu funcția de sistem:

$$H(z) = \frac{5 - 6z^{-1} + 3.72z^{-2} - 0.74z^{-3}}{1 - 1.5z^{-1} + 1.24z^{-2} - 0.37z^{-3}} = 2 + \frac{1}{1 - 0.5z^{-1}} + \frac{2 - z^{-1}}{1 - z^{-1} + 0.74z^{-2}},$$

să se deseneze schema de implementare în forma paralel

- În mediul Octave, utilizați funcția `butter()` sau funcția `ellip()` pentru a proiecta unul din filtrele următoare:
  - Un filtru trece-jos IIR de ordin 4, cu frecvența de tăiere de 4kHz la o frecvență de eșantionare de 44.1kHz;
  - Un filtru trece-sus IIR de ordin 4, cu frecvența de tăiere de 1kHz la o frecvență de eșantionare de 44.1kHz;
  - Un filtru trece-bandă IIR de ordin 4, cu banda de trecere între 700Hz și 4kHz la o frecvență de eșantionare de 44.1kHz.
- În mediul Octave, realizați o funcție `y = filter_df2(b, a, x)` pentru a filtra un semnal `x` cu un filtru cu coeficienții `b` și `a`.
- Încărcați semnalul audio `Kalimba.mp3` și utilizați funcția de mai sus pentru a-l filtra cu filtrul proiectat anterior. Redați semnalul și observați diferența.

## Întrebări finale

1. TBD